

Konservasi energi pada sistem pencahayaan



© BSN 2011

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Mangala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Persyaratan teknis pencahayaan.....	4
5 Peluang penghematan energi sistem pencahayaan.....	10
6 Pengoperasian dan pemeliharaan	11
Bibliografi	34
Tabel 1 – Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi, dan temperatur warna yang direkomendasikan.....	5
Tabel 2 – Daya listrik maksimum untuk pencahayaan	8
Tabel 3 – Iluminans dan beban pencahayaan terpasang	9
Tabel 4 – Perbandingan efikasi luminus dari lampu yang umum	11
Gambar 1 – Instalasi lampu fluoresen (TL).....	3
Lampiran A Prosedur perancangan sistem pencahayaan	15
Lampiran B Pemeliharaan lampu dan luminer	18
Lampiran C Inovasi sistem pencahayaan	28
Lampiran D <i>Light Emmitting Diode</i> (LED)	30
Lampiran E Jenis-jenis lampu.....	32
Lampiran F <i>Ballast</i>	34

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai “Konservasi energi pada sistem pencahayaan” ini merupakan revisi dari SNI 03-6197-2000.

Standar ini disusun oleh PT 27-03, Panitia Teknis Energi Baru dan Terbarukan (PTEB) dengan tujuan meningkatkan jumlah dan ketersediaan standar ketenagalistrikan di Indonesia melalui prosedur perumusan standar dan dibahas dalam Rapat Konsensus PTEB tanggal 25 November 2010 di Jakarta.

Dalam rangka mempertahankan mutu dan ketersediaan standar yang tetap mengikuti perkembangan, maka diharapkan masyarakat standardisasi ketenagalistrikan memberikan saran dan usul demi kesempurnaan standar ini di kemudian hari.



Konservasi energi pada sistem pencahayaan

1 Ruang lingkup

- 1.1 Standar ini memuat ketentuan pedoman pencahayaan pada bangunan gedung untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan pengoperasian yang optimal sehingga penggunaan energi lebih efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas penghuni, serta mempertimbangkan aspek ramah lingkungan dan biaya
- 1.2 Standar ini diperuntukkan bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pembangunan, pengoperasian dan pemeliharaan bangunan gedung untuk mencapai penggunaan energi yang efisien
- 1.3 Ruang lingkup standar ini meliputi :
 - (1) Acuan normatif
 - (2) Istilah dan definisi
 - (3) Persyaratan teknis pencahayaan
 - (4) Peluang penghematan energi sistem pencahayaan
 - (5) Pengoperasian dan pemeliharaan

2 Acuan normatif

SNI 03 – 2396 – 2001, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung*

SNI 03 – 6575 – 2001, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*

3 Istilah dan definisi

Definisi berikut berlaku untuk pemakaian standar ini

3.1

armatur (luminer)

rumah lampu yang dirancang untuk mengarahkan cahaya, untuk tempat dan melindungi lampu serta untuk menempatkan komponen-komponen listrik

3.2

ballast

alat yang dipasang pada lampu fluoresen (TL) dan lampu pelepasan gas lainnya untuk membantu dalam penyalaan dan pengoperasiannya

3.3

efikasi

hasil bagi antara fluks luminus (lumen) dengan daya listrik (watt) masukan suatu sumber cahaya dinyatakan dalam satuan lumen per watt

3.4

faktor radiasi matahari

laju rata-rata radiasi matahari setiap jamnya pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan

3.5

indeks renderasi warna

nilai dari kemampuan sumber cahaya untuk dapat mendefinisikan warna sebenarnya dari suatu objek atau benda. Nilai indeks ini berkisar dari 0-100. Semakin tinggi nilai suatu indeks renderasi warna maka akan semakin baik kemampuan sumber cahaya tersebut untuk menunjukkan warna sebenarnya dari suatu objek. Contoh matahari memiliki indeks renderasi 100 dan lampu fluoresen memiliki indeks renderasi berkisar 60 sampai dengan 90

3.6

indeks ruang (K) atau *room cavity ratio* (RCR)

nilai angka yang mewakili geometris suatu ruang digunakan untuk perhitungan faktor penggunaan (K_p), dinyatakan dengan rumus :

$$K = \frac{\text{Panjang} \times \text{Lebar}}{\text{Jarak lumier terhadap bidang kerja} \times (\text{Panjang} + \text{Lebar})}$$

3.7

kapasitor

kapasitor atau disebut juga kondensator adalah suatu jenis komponen rangkaian listrik pasif yang dapat menyimpan energi dalam bentuk medan listrik sebagai akibat dari pengumpulan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik

3.8

konservasi energi

upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan

3.9

luminans

hasil bagi antara intensitas cahaya pada arah tertentu terhadap luas sumber cahaya yang diproyeksikan ke atau pada arah tersebut, dinyatakan dalam satuan kandela per m^2 (cd/m^2)

3.10

penetrasi

bukaan atau lubang cahaya pada dinding bangunan yang dibuat untuk menghantarkan cahaya. Termasuk disini adalah bahan yang tembus cahaya/transparan seperti kaca atau sejenis plastik

3.11

pencahayaan alami

pencahayaan yang berasal dari sumber alam, pada umumnya dikenal sebagai cahaya matahari

3.12

pencahayaan buatan

pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya buatan manusia (selain dari cahaya alami). Pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami atau saat kebutuhan pencahayaan alami tidak mencukupi untuk menerangi sebuah ruang

3.13

pelepas panas (*heatsink*)

peralatan terkait dari sistem lampu atau armatur/luminer untuk melepaskan panas yang dihasilkan oleh sumber cahaya atau komponen lampu yang bekerja dalam sistem rumah lampu. Umumnya pelepas panas terbuat dari bahan yang mudah melepas panas seperti contohnya aluminium *diecast*

3.14

rasio efisiensi armatur - *light output ratio (LOR)/luminaire efficiency*

nilai perbandingan keluaran cahaya lampu dalam armatur dengan keluaran cahaya lampu yang keluar tanpa armatur. Rasio efisiensi armatur (total) biasanya diambil dari jumlah total nilai efisiensi armatur bagian atas ditambah nilai efisiensi armature bagian bawah dibagi 2 (dua)

3.15

renderasi

kemampuan suatu sumber cahaya (buatan atau alami) untuk mendefinisikan warna sebenarnya dari suatu objek atau benda

3.16

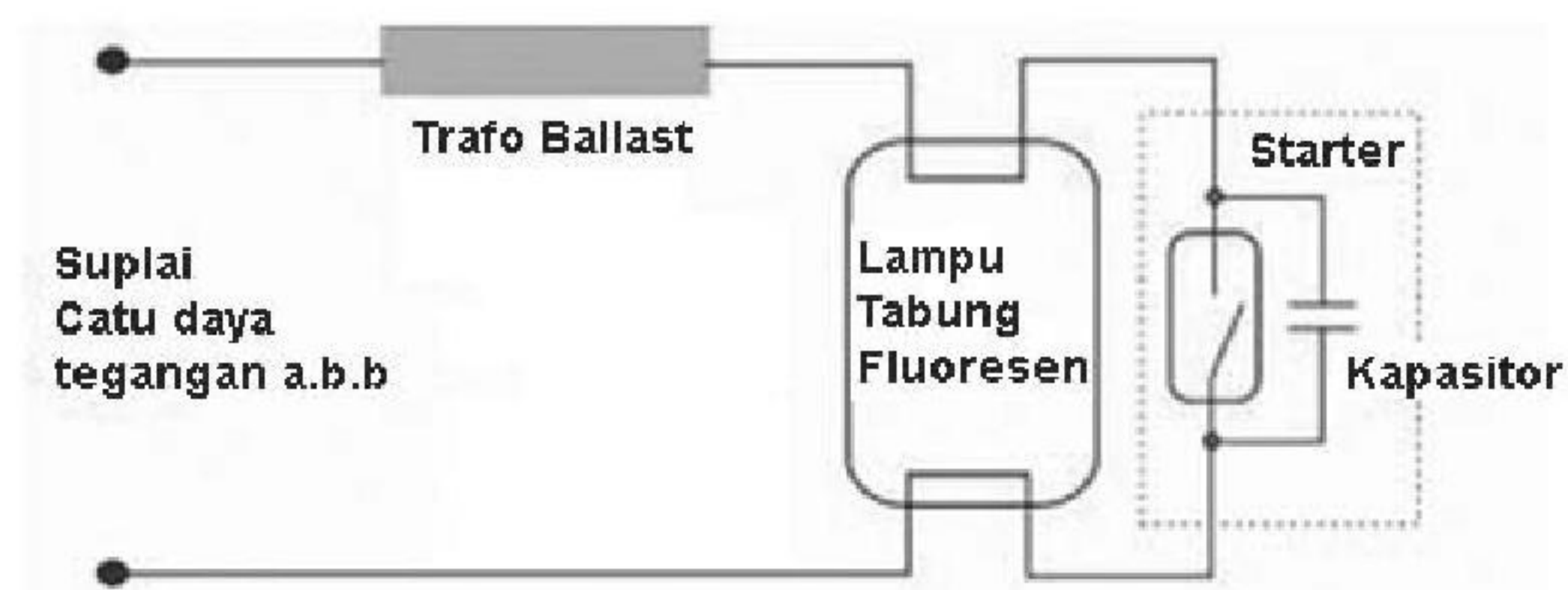
silau

kondisi dimana mata tidak mampu lagi untuk menerima pancaran intensitas cahaya dari suatu sumber cahaya yang bisa disebabkan oleh tingginya intensitas cahaya tersebut. Dalam aplikasinya nilai silau dalam ruangan dibuat dalam indeks faktor tingkat kesilauan (*Unified Glare Rating - UGR*)

3.17

starter

starter merupakan komponen penting pada sistem lampu fluoresen yang menghasilkan suatu pulsa pemicu yang mengakibatkan terjadinya *spike* tegangan tinggi pada komponen *ballast*. Starter merupakan komponen bimetal yang dibangun di dalam sebuah tabung vakum yang biasanya diisi dengan gas neon



Gambar 1 – Instalasi lampu fluoresen (TL)

3.18

stroboskopik

suatu kondisi dimana pergerakan suatu benda yang bergerak secara konstan tidak terlihat oleh mata sebagai akibat dari rendahnya kedipan frekuensi cahaya dari suatu lampu yang menggunakan *ballast* magnetik. Contohnya adalah tidak terlihatnya perputaran bilah-bilah pada kipas angin yang menyala, sehingga seakan-akan kipas tersebut tidak berputar atau tidak beroperasi. Hal ini sangat berbahaya jika efek ini terjadi di area dimana banyak terdapat peralatan atau mesin yang bergerak secara konstan misalnya pabrik

3.19

temperatur warna

indikasi satuan warna cahaya dalam satuan Kelvin (K). Temperatur warna memiliki pengaruh (kesan) psikologis terhadap suatu ruang yang ingin diciptakan (dingin dan hangat). Pada umumnya temperatur warna yang digunakan biasanya berkisar antara 2000K – 6500K. Semakin rendah nilai derajat temperatur maka warna cahaya yang dihasilkan akan semakin kekuningan, jika lebih direndahkan lagi maka menuju kemerahan. Semakin tinggi temperatur warna maka warna cahaya yang dihasilkan akan semakin putih, jika lebih ditinggikan lagi maka warna cahaya akan menuju kebiruan

3.20

tingkat pencahayaan (iluminans)

fluks luminus (lumen) yang datang ke permukaan atau hasil bagi antara fluks cahaya dengan luas permukaan yang disinari dinyatakan dalam satuan *lux*

3.21

umur ekonomis

umur yang diambil dalam test laboratorium yaitu umur yang diambil pada saat lumen dari suatu lampu berkurang sebanyak 20-30% dari jumlah total lumen yang ada. Pada saat lampu baru dinyalakan lumen yang dikeluarkan adalah 100%. Khusus untuk umur lampu LED umur yang tertera adalah umur ekonomis sistem (meliputi Lampu LED, plat PCB dan alat pelepas panas dan komponen *driver*)

3.22

umur lampu atau umur teknis (lampu individu)

panjangnya waktu operasional suatu lampu dari mulai menyala sampai lampu tersebut mati, umumnya umur lampu dibuat dalam satuan *jam*

3.23

umur rata-rata (umur sampai kegagalan 50%)

umur lampu yang diambil dalam test laboratorium yaitu umur yang diambil pada saat jumlah lampu yang masih menyala tersisa sampai dengan 50% dari jumlah total jumlah lampu yang di test dalam lab tersebut

4 Persyaratan teknis pencahayaan

4.1 Pencahayaan alami

Pencahayaan alami harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- (1) Pencahayaan alami dalam bangunan gedung harus memenuhi ketentuan SNI 03 – 2396 – 2001, tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung.
- (2) Dalam pemanfaatannya, radiasi yang ditimbulkan oleh cahaya matahari langsung ke dalam bangunan gedung harus dibuat seminimal mungkin untuk menghindari timbulnya peningkatan temperatur pada ruang dalam bangunan.
- (3) Cahaya langit bukaan transparan pada bangunan harus diutamakan daripada cahaya matahari langsung.
- (4) Cahaya alami di siang hari harus dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya sebagai alternatif cahaya tambahan untuk mengurangi penggunaan energi listrik pada bangunan dengan mempertimbangkan aspek-aspek sistem terkait.

4.2 Pencahayaan buatan

4.2.1 Tingkat pencahayaan minimal

Tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan tidak boleh kurang dari tingkat pencahayaan pada tabel 4.2.1.

Tabel 1 – Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi, dan temperatur warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm <3300 Kelvin	Warm white 3300Kelvin ~5300Kelvin	Cool Daylight > 5300Kelvin
Rumah tinggal :					
Teras	60	1 atau 2	♦	♦	
Ruang tamu	150	1 atau 2		♦	
Ruang makan	250	1 atau 2	♦		
Ruang kerja	300	1		♦	♦
Kamar tidur	250	1 atau 2	♦	♦	
Kamar mandi	250	1 atau 2		♦	♦
Dapur	250	1 atau 2	♦	♦	
Garasi	60	3 atau 4		♦	♦
Perkantoran :					
Ruang resepsionis.	300	1 atau 2	♦	♦	
Ruang direktur	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang kerja	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang komputer	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang rapat	300	1	♦	♦	
Ruang gambar	750	1 atau 2		♦	♦
Gudang arsip	150	1 atau 2		♦	♦
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		♦	♦
Ruang tangga darurat	150	1 atau 2			♦
Ruang parkir	100	3 atau 4			♦
Lembaga pendidikan :					
Ruang kelas	350	1 atau 2		♦	♦
Perpustakaan	300	1 atau 2		♦	♦
Laboratorium	500	1		♦	♦
Ruang praktek komputer.	500	1 atau 2		♦	♦
Ruang laboratorium bahasa.	300	1 atau 2		♦	♦
Ruang guru	300	1 atau 2		♦	♦
Ruang olahraga	300	2 atau 3		♦	♦
Ruang gambar	750	1		♦	♦
Kantin	200	1	♦	♦	
Hotel dan restoran :					
Ruang resepsionis dan kasir	300	1 atau 2	♦	♦	
Lobi	350	1	♦	♦	
Ruang serba guna	200	1	♦	♦	
Ruang rapat	300	1	♦	♦	
Ruang makan	250	1	♦	♦	
Kafetaria	200	1	♦	♦	
Kamar tidur	150	1 atau 2	♦		
Koridor	100	1	♦	♦	
Dapur	300	1	♦	♦	

Tabel 1 (lanjutan)

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm <3300 Kelvin	Warm white 3300Kelvin ~5300Kelvin	Cool Daylight > 5300Kelvin
Rumah sakit/balai pengobatan					
Ruang tunggu	200	1 atau 2	♦	♦	
Ruang rawat inap	250	1 atau 2		♦	♦
Ruang operasi, ruang bersalin	300	1		♦	♦
Laboratorium	500	1 atau 2		♦	♦
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	1	♦	♦	
Ruang koridor siang hari	200	1 atau 2		♦	♦
Ruang koridor malam hari	50	1 atau 2		♦	♦
Ruang kantor staff	350	1 atau 2		♦	♦
Kamar mandi & toilet pasien	200	2			♦
Pertokoan/ruang pamer :					
Ruang pamer dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	1	♦	♦	♦
Area penjualan kecil	300	1 atau 2		♦	♦
Area penjualan besar	500	1 atau 2		♦	♦
Area kasir	500	1 atau 2		♦	♦
Toko kue dan makanan.	250	1	♦	♦	
Toko bunga	250	1		♦	
Toko buku dan alat tulis/ gambar	300	1	♦	♦	♦
Toko perhiasan, arloji	500	1	♦	♦	
Toko barang kulit dan sepatu	500	1	♦	♦	
Toko pakaian	500	1	♦	♦	
Pasar swalayan	500	1 atau 2	♦	♦	
Toko mainan	500	1	♦	♦	
Toko alat listrik (TV, radio/tape, mesin cuci dan lain-lain)	250	1 atau 2	♦	♦	♦
Toko alat musik dan olahraga	250	1	♦	♦	♦
Industri (umum) :					
Gudang	100	3		♦	♦
Pekerjaan kasar	200	2 atau 3		♦	♦
Pekerjaan menengah	500	1 atau 2		♦	♦
Pekerjaan halus	1000	1		♦	♦
Pekerjaan amat halus	2000	1		♦	♦
Pemeriksaan warna	750	1		♦	♦
Rumah ibadah :					
Masjid	200	1 atau 2		♦	
Gereja	200	1 atau 2		♦	
Vihara	200	1 atau 2		♦	

CATATAN : 1 Tanda ♦ artinya dapat digunakan.

2 Kelompok renderasi warna (1, 2, 3 dan 4) lihat pada penjelasan pasal 4.3.2

4.2.2 Daya listrik maksimum per meter persegi

Daya listrik maksimum per meter persegi tidak boleh melebihi nilai sebagaimana tercantum pada tabel 4.2.2, **kecuali**

- (1) pencahayaan untuk bioskop, siaran TV, presentasi audio visual, dan semua fasilitas hiburan yang memerlukan pencahayaan berteknologi sebagai elemen utama dalam pelaksanaan fungsinya;
- (2) pencahayaan khusus untuk bidang kedokteran ;
- (3) fasilitas olahraga dalam ruangan (indoor);
- (4) pencahayaan yang diperlukan untuk pameran di galeri, museum, dan monumen
- (5) pencahayaan luar untuk monumen
- (6) pencahayaan khusus untuk penelitian di laboratorium
- (7) pencahayaan darurat
- (8) ruangan yang mempunyai tingkat keamanan dengan risiko tinggi yang dinyatakan oleh peraturan atau oleh petugas keamanan dianggap memerlukan pencahayaan tambahan
- (9) ruangan kelas rancangan khusus untuk orang yang mempunyai penglihatan yang kurang, atau untuk orang lanjut usia
- (10) pencahayaan untuk lampu tanda arah dalam bangunan gedung
- (11) jendela peraga pada toko/etalase
- (12) agro industri (rumah kaca), fasilitas pemrosesan
- (13) kegiatan lain yang belum termasuk di atas.

Tabel 2 – Daya listrik maksimum untuk pencahayaan

Fungsi ruangan	Daya pencahayaan maksimum (W/m ²) (termasuk rugi-rugi ballast)
Rumah tinggal :	
Teras	3
Ruang tamu	5
Ruang makan	7
Ruang kerja	7
Kamar tidur	7
Kamar mandi	7
Dapur	7
Garasi	3
Perkantoran :	
Ruang resepsionis	13
Ruang direktur	13
Ruang kerja	12
Ruang komputer	12
Ruang rapat	12
Ruang gambar	20
Gudang arsip tidak aktif	6
Ruang arsip aktif	12
Ruang tangga darurat	4
Ruang parkir	4
Lembaga pendidikan :	
Ruang kelas	15
Perpustakaan	11
Laboratorium	13
Ruang praktek komputer	12
Ruang laboratorium bahasa	13
Ruang guru	12
Ruang olahraga	12
Ruang gambar	20
Kantin	8
Hotel dan restoran :	
Ruang resepsionis dan kasir	12
Lobi	12
Ruang serba guna	8
Ruang rapat	10
Ruang makan	9
Kafetaria	8
Kamar tidur	7
Koridor	5
Dapur	10
Rumah sakit/ balai pengobatan	
Ruang tunggu	12
Ruang rawat jalan	10
Ruang rawat inap	12
Ruang operasi, ruang bersalin	10
Laboratorium	15
Ruang gawat darurat	15
Ruang tindakan	15
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	10
Ruang pemulihan	8
Ruang koridor siang hari	9
Ruang koridor malam hari	3
Ruang kantor staf	10
Kamar mandi & toilet pasien	7

Tabel 2 (lanjutan)

Fungsi ruangan	Daya pencahayaan maksimum (W/m^2) (termasuk rugi-rugi ballast)
Pertokoan/ruang pameran :	
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	13
Area penjualan kecil	10
Area penjualan besar	15
Area kasir	15
Toko kue dan makanan.	9
Toko bunga	9
Toko buku dan alat tulis/ gambar	9
Toko perhiasan, arloji	15
Toko barang kulit dan sepatu	15
Toko pakaian	15
Pasar swalayan	15
Toko mainan	15
Toko alat listrik (TV, radio/tape, mesin cuci dan lain-lain)	9
Toko alat musik dan olahraga	9
Industri (umum) :	
Gudang	5
Pekerjaan kasar	7
Pekerjaan menengah	15
Pekerjaan halus	25
Pekerjaan amat halus	50
Pemeriksaan warna	20
Rumah ibadah :	
Masjid	10
Gereja	13
Vihara dan sejenisnya	10

4.2.3 Iluminans dan beban pencahayaan terpasang per meter persegi

Iluminans dan beban pencahayaan terpasang per meter persegi diharapkan dapat mencapai target acuan seperti pada Tabel 4.2.3

Tabel 3 – Iluminans dan beban pencahayaan terpasang

Nilai iluminans nominal (Lux)	Nilai beban pencahayaan sebagai pedoman	
	Standar (W/m^2)	Target acuan (W/m^2)
50	3,2	2,5
100	4,5	3,5
300	10,0	7,5
500	15,0	11,0
750	20,0	16,0
1.000	25,0	21,0

4.2.4 Efisiensi energi sistem pencahayaan

Efisiensi energi sistem pencahayaan dapat ditingkatkan dengan langkah-langkah :

- (1) menggunakan lampu yang mempunyai efikasi lebih tinggi dan menghindari pemakaian lampu dengan efikasi rendah. Jenis lampu yang ada di pasaran antara lain:
 - (a) Lampu halogen
 - (b) Lampu pelepasan tekanan rendah, antara lain lampu fluoresen, merkuri dan sodium
 - (c) Lampu pelepasan tekanan tinggi, antara lain lampu sodium dan metalhalide
 - (d) Lampu *Light Emitting Diode* (LED)
- (2) pemilihan ballast dengan efisiensi tinggi
 - (a) Ballast elektronik lebih efisien daripada ballast magnetik.
 - (b) Ballast dapat dan tidak harus disatukan dengan luminer (luminer). Memadukan lampu dengan ballast dikenal dengan nama lampu fluoresen kompak yang pemasangannya sesuai pemegang lampu dari lampu pijar.
- (3) pemilihan luminer yang efisien
 - (a) Penghematan energi dapat pula dilakukan dengan cara memilih armature/luminaire yang memiliki karakteristik distribusi pencahayaan yang efisien, dengan melihat kepada seberapa besar nilai rasio efisiensi armature pada luminaire yang akan digunakan. Nilai rasio efisiensi armature yang disarankan adalah lebih besar sama dengan 60% ($LOR \geq 60\%$), semakin besar nilai LOR suatu armature/luminaire maka akan semakin baik efisiensinya dan akan berimbas kepada semakin hemat sistem energy cahaya pada suatu ruang.
 - (b) Menggunakan armature/luminaire yang memiliki tingkat kontrol kesilauan yang baik. Hal ini dapat diperlihatkan dengan mengetahui seberapa besar nilai faktor tingkat kesilauan yang dihasilkan (UGR) dari suatu ruang yang direncanakan.

4.2.5 Pemanfaatan cahaya alami

Pencahayaan tidak langsung yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pencahayaan di dalam ruangan.

4.3 Parameter kualitas warna cahaya.

4.3.1 Temperatur warna cahaya lampu (CCT - *Correlated Colour Temperature*).

Temperatur warna untuk penciptaan suasana dan nuansa pada ruang, memberikan kesan tertentu seperti formal, sejuk, hangat dan mewah. Temperatur warna cahaya lampu tidak merupakan indikasi tentang pengaruhnya terhadap warna obyek, tetapi lebih kepada memberi suasana ruang.

Temperatur warna cahaya lampu dikelompokkan menjadi :

- (1) kelompok 1, warna putih kekuningan (*warm*) (< 3.300 Kelvin);
- (2) kelompok 2, warna putih netral (*warm-white*) (3.300 Kelvin \sim 5.300 Kelvin);
- (3) kelompok 3, warna putih (*cool-daylight*) (> 5.300 Kelvin)

Pemilihan temperatur warna lampu bergantung pada tingkat iluminans yang diperlukan agar diperoleh pencahayaan yang nyaman.

Makin tinggi tingkatkan iluminasi yang diperlukan, maka temperatur warna lampu yang disarankan berkisar di angka 4000 - 6500 Kelvin sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman bagi pengguna didalamnya.

Sedangkan untuk kebutuhan tingkat iluminasi yang tidak terlalu tinggi, maka temperatur warna lampu yang digunakan disarankan berkisar di angka 2300-3.500 Kelvin.

4.3.2 Renderasi warna

Pengaruh suatu lampu kepada warna obyek akan berbeda-beda. Lampu diklasifikasikan dalam kelompok renderasi warna yang dinyatakan dengan Ra indeks sebagai berikut :

- (1) pengaruh warna, kelompok 1 : Ra indeks 81% ~ 100%;
- (2) pengaruh warna, kelompok 2 : Ra indeks 61% ~ 80%;
- (3) pengaruh warna, kelompok 3 : Ra indeks 40% ~ 60%;
- (4) pengaruh warna, kelompok 4 : Ra indeks < 40%.

5 Peluang penghematan energi sistem pencahayaan

5.1 Penggunaan lampu yang efisien

Pemasangan lampu sebaiknya menggunakan lampu efisien energi seperti lampu fluoresen "T8" dan "T5".

Tabel 4 – Perbandingan efikasi luminus dari lampu yang umum

Jenis lampu	Lumen/Watt	Umur rata-rata. (Jam operasi)
Incandescent (pijar)	12 ~ 15	1.000
Halogen.	15 ~ 25	2.000 ~ 5.000
Merkuri	30 ~ 50	24.000
Fluoresen kompak	40 ~ 80	8.000 ~ 12.000
Fluoresen tabung	50 ~ 100	10.000 ~ 15.000
Fluoresen tabung "T8"	90	12.000
Fluoresen tabung "T5"	105	17.000
Sodium tekanan tinggi	60 ~ 110	24.000
Sodium tekanan rendah	70 ~ 180	18.000
LED (<i>Light Emitting Diode</i>)	70	40.000

Efikasi luminus adalah perbandingan lumen yang dipancarkan oleh lampu terhadap konsumsi daya listrik (Watt). Efikasi lampu dalam Tabel 5.1 didasarkan pada lumen output dimana lampu masih baru dan daya listrik yang diperlukan oleh lampu, termasuk daya listrik yang dibutuhkan oleh ballast yang menyatu dengan lampu.

Menggunakan lampu T5 dikombinasikan dengan balas elektronik frekuensi tinggi dapat menghemat energi sampai dengan 40% dibandingkan dengan lampu fluoresen standar.

5.2 Penggunaan ballast elektronik frekuensi tinggi

Pemasangan lampu fluoresen dengan ballast elektronik frekuensi tinggi dapat meningkatkan efisiensi energi. Pengoperasian lampu fluoresen dengan ballast frekuensi tinggi meningkatkan lumen/watt dari output lampu.

Efikasi dari lampu dapat ditingkatkan kira-kira 10% jika lampu fluoresen dioperasikan pada frekuensi tinggi.

5.3 Penggunaan alat sensor

5.3.1 Penggunaan alat sensor penghuni

Dengan menggunakan alat sensor penghuni, lampu ruang akan menyala hanya jika penghuni berada di ruang yang mempunyai pola variabel, seperti tangga, toilet, gymnasium dan lain-lain.

5.3.2 Penggunaan alat sensor intensitas

Alat sensor ini bekerja berdasarkan intensitas cahaya (lux) yang telah di set dalam suatu ruang. Jika ruangan kelebihan cahaya (akibat sinar matahari) maka intensitas cahaya ruangan otomatis akan menurun. Jika cahaya matahari berkurang, maka intensitas cahaya ruangan otomatis akan naik sampai kepada lux level yang sudah ditentukan

Yang perlu diperhatikan, penghematan energi mungkin tidak terealisasi jika sensor tersebut dipasang pada ruangan yang bersifat khusus atau memiliki kriteria-kriteria khusus. Sehingga adanya sensor ini justru akan mengganggu aktivitas yang ada didalamnya. Selain itu pemasangan sensor harus direncanakan secara matang dan disarankan ditest terlebih dahulu untuk memastikan kegunaannya secara optimal.

5.4 Penggunaan penjadwalan

Untuk ruangan dimana kebutuhan dapat diperkirakan dan dapat ditentukan, penggunaan kontrol penjadwalan secara otomatis untuk menghidupkan dan mematikan lampu akan menghemat energi.

Yang perlu diperhatikan:

- (1) Beberapa lokasi dengan kontrol ganda (otomatis-manual) sebaiknya disediakan untuk lokasi dimana pencahayaan dibutuhkan melewati periode yang terjadwal. Ini akan mencegah iluminans yang tidak perlu pada seluruh daerah.
- (2) Pengaturan melalui Pusat Sistem Manajemen Bangunan (BMS - *Building Management System*).

5.5 Penggunaan *Dimmer*

Tingkat pencahayaan di suatu area dapat diturunkan pada saat tertentu, misalnya ketika meninggalkan ruang kerja iluminans bisa dikurangi dengan menggunakan *dimmer*.

Hal ini akan menghemat energi dengan mengurangi pencahayaan ke tingkat lux yang dibutuhkan.

5.6 Pengelompokan area pengkawatan

Pengkawatan multi sirkit digunakan untuk memfasilitasi beragam kebutuhan tingkat pencahayaan.

Untuk menghemat energi pada sistem pencahayaan di kelompok koridor, jalur terusan dan ruangan dekat daerah jendela dengan cara memanfaatkan pencahayaan alami dipasang multi sirkit.

Untuk menghemat energi pada kelompok area diluar bangunan gedung, khususnya pencahayaan luar bangunan dapat digunakan "Timer" dan fotocell.

Yang perlu diperhatikan:

- (1) Untuk perencanaan dengan kontrol pencahayaan otomatis, seperti tangga darurat harus dipastikan tidak boleh total gelap.
- (2) Semua ruang tertutup dan individual harus menggunakan sakelar individual. Pada sakelar sebaiknya dipasang label dengan jelas dan mudah dijangkau oleh penghuni bangunan.

6 Pengoperasian dan pemeliharaan

6.1 Pengoperasian

6.1.1 Penempatan alat kendali

- (1) Semua alat pengendali pencahayaan diletakkan pada tempat yang mudah dijangkau dan mudah dilihat.
- (2) Sakelar yang melayani ruang kerja setempat dipasang menjadi satu bagian dengan luminer yang digunakan untuk menerangi ruang kerja dan sakelar tersebut harus mudah dijangkau.
- (3) Sakelar yang mengendalikan beban yang sama pada lebih dari satu lokasi tidak boleh dihitung sebagai tambahan jumlah sakelar pengendali.
- (4) Hal-hal yang tidak diatur dalam ketentuan pengendalian pencahayaan adalah:
 - (a) pengendalian pencahayaan yang mengatur suatu area kerja yang luas secara keseluruhan sesuai dengan kebutuhan pencahayaan dan pengendali dapat dipusatkan di tempat lain (termasuk lobi umum dari gedung perkantoran, hotel, rumah sakit, pusat perbelanjaan dan gudang;
 - (b) pengendalian otomatis atau pengendalian yang dapat diprogram;
 - (c) pengendalian yang memerlukan operator terlatih.

6.1.2 Pengendalian sistem pencahayaan

- (1) Semua sistem pencahayaan bangunan gedung harus dapat dikendalikan secara manual atau otomatis, kecuali yang terhubung dengan sistem darurat.
- (2) Ketentuan pengendalian cahaya sebagai berikut :
 - (a) setiap pemasangan partisi yang membentuk ruangan harus dilengkapi minimum satu sakelar "ON/OFF" untuk setiap ruangan;
 - (b) area dengan luas maksimum 30 m² harus dilengkapi dengan satu sakelar, untuk satu macam pekerjaan atau satu kelompok pekerjaan;

- (c) pencahayaan luar bangunan dengan waktu operasi kurang dari 24 jam terus menerus, harus dapat dikendalikan secara otomatis dengan pengatur waktu (*timer*), photocell atau gabungan keduanya;
- (d) area yang pencahayaan alaminya tersedia dengan cukup, sebaiknya dilengkapi dengan sakelar pengendali otomatis yang dapat mengatur penyalaan lampu sesuai dengan tingkat pencahayaan yang dirancang;
- (e) setiap sakelar, maksimum melayani total beban daya seperti dianjurkan dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) edisi yang terakhir;
- (f) penyaluran daya listrik pada kamar tamu Hotel, harus dapat dikontrol untuk penghematan energi antara lain dengan mematikan dan menghidupkan dengan memasukkan kunci kamar pada kotak sakelar (*keytag*).
- (g) luminer yang letaknya paralel terhadap dinding luar pada arah datangnya cahaya alami yang menggunakan sakelar otomatis atau sakelar yang terkendali, harus dapat dimatikan dan dihidupkan dengan sakelar tersendiri/manual.

6.2 Pemeliharaan

Tindakan pemeliharaan pada sistem pencahayaan dilakukan tepat waktu dan terjamin pelaksanaannya. Pemilik atau pengelola bangunan gedung diharuskan memiliki buku manual pengoperasian sistem pencahayaan bangunan gedung. Buku manual ini berisi data dan informasi yang lengkap mengenai informasi sebagai berikut :

- (1) diagram satu garis sistem pencahayaan bangunan gedung;
- (2) diagram skematik pengendalian sistem pencahayaan;
- (3) daftar peralatan listrik yang beroperasi pada bangunan gedung terutama untuk pencahayaan;
- (4) daftar daya listrik untuk pencahayaan sesuai dengan jumlah lampu dan jenisnya;
- (5) daftar lampu, jenisnya dan karakteristik lampu;
- (6) jadwal pemeliharaan.

Dengan manual yang berisi informasi ini, tindakan pemeliharaan dan pengendalian sistem pencahayaan dapat dilakukan lebih tepat.

Untuk menghemat pemakaian energi listrik, pemeliharaan instalasi pencahayaan harus dilakukan sebagai berikut:

- (1) setiap pencahayaan yang tidak diperlukan harus dimatikan;
- (2) lampu dan luminer harus dijaga tetap bersih guna memperoleh tingkat pencahayaan yang tepat;
- (3) lampu harus diganti jika fluks luminusnya jauh menurun sesuai dengan umurnya;
- (4) penggunaan warna muda untuk dinding, langit-langit, lantai dan korden, dengan demikian dapat mengurangi jumlah cahaya yang diperlukan sebagai akibat pengaruh reflektansi bahan-bahan yang dipakai;
- (5) mengoptimalkan penggunaan pencahayaan luar untuk tujuan dekorasi dan suasana;
- (6) pengurangan tingkat pencahayaan luar sampai pada batas terendah yang masih memberikan keamanan dan kenyamanan;

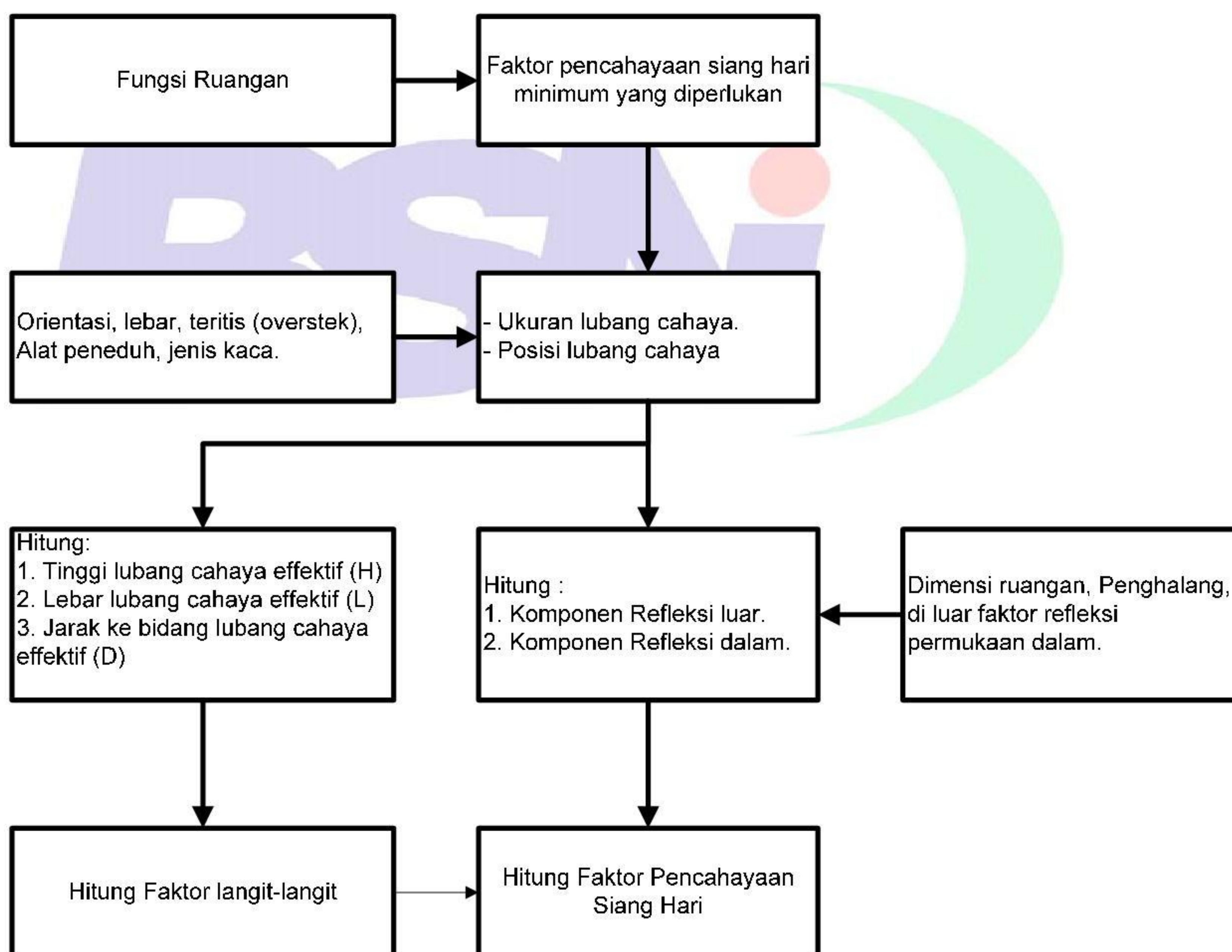
Lampiran A

Prosedur perancangan sistem pencahayaan

A.1 Sistem pencahayaan alami

Prosedur perancangan pencahayaan alami yang hemat energi dilakukan sebagai berikut (Gambar A.1) :

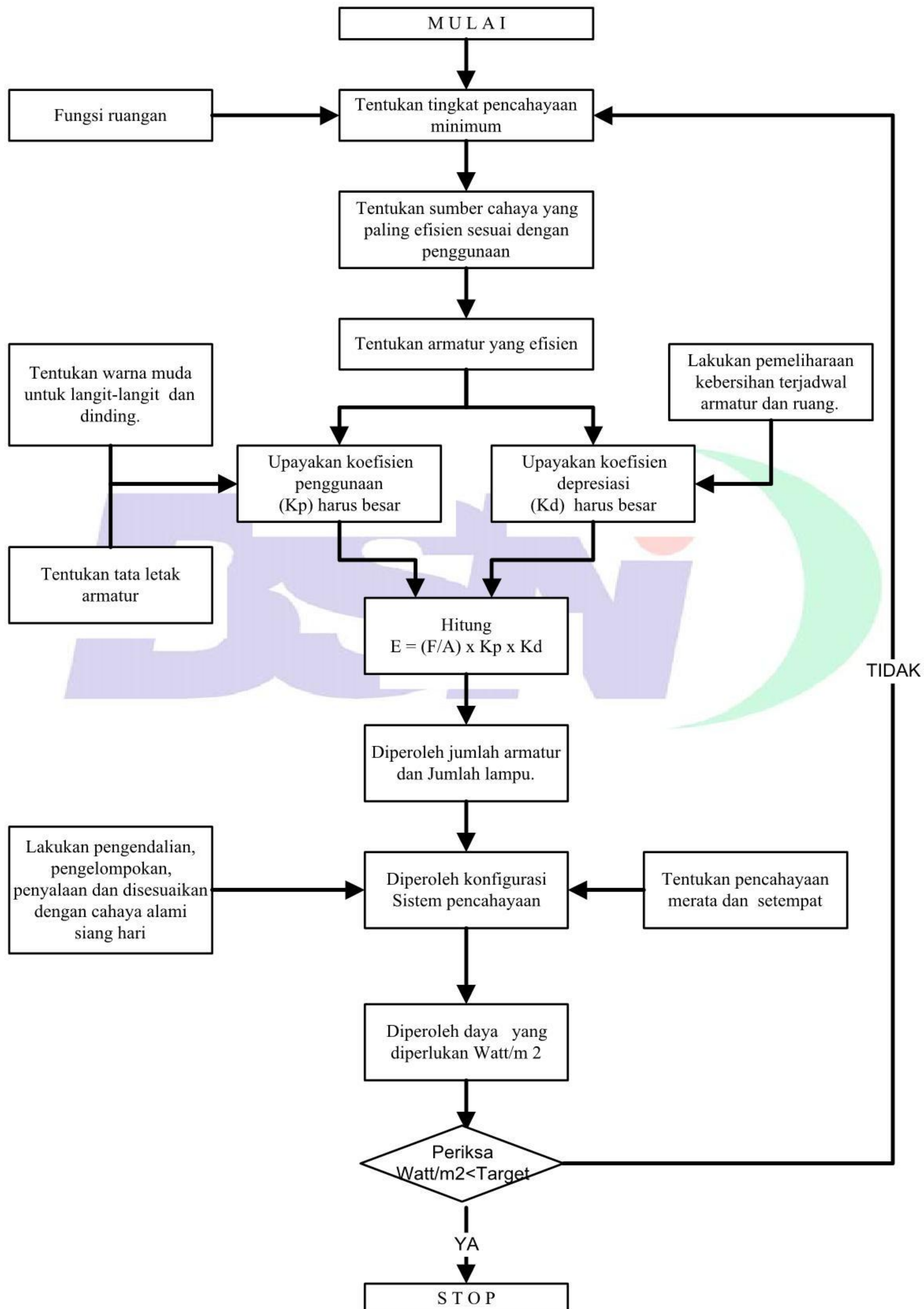
- (1) tentukan faktor pencahayaan siang hari atau faktor langit-langit minimum yang diperlukan pada titik-titik terpilih sesuai fungsi ruangan
- (2) gunakan cara perhitungan faktor langit-langit dan faktor pencahayaan siang hari sesuai SNI 03 – 2396 – 2001, tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung;
- (3) tentukan lubang cahaya yang dapat dibuka sesuai ketentuan ventilasi.



Gambar A.1 - Prosedur perancangan sistem pencahayaan alami

A.2 Sistem pencahayaan buatan

Prosedur umum perhitungan besarnya pemakaian daya listrik untuk sistem pencahayaan buatan dalam usaha penghematan energi dapat dijelaskan sebagai berikut (Gambar A.2) :



Gambar A.2 : Prosedur perencanaan teknis sistem pencahayaan buatan

- (1) tentukan tingkat pencahayaan rata-rata (lux) sesuai dengan fungsi ruangan (tabel 4.2.1);
- (2) tentukan sumber cahaya (jenis lampu) yang paling efisien (ditentukan oleh nilai efisiensi yang tinggi) sesuai penggunaannya termasuk renderasi warnanya;
- (3) tentukan lumener yang efisien;
- (4) tentukan tata letak lumener dan pemilihan jenis, bahan dan warna permukaan ruangan (dinding, lantai dan langit-langit);
- (5) hitung jumlah fluks luminus (lumen) dan jumlah lampu yang diperlukan;
- (6) tentukan jenis pencahayaan, merata atau setempat;
- (7) hitung jumlah daya terpasang dan periksa apakah daya terpasang per meter persegi ruangan tidak melampaui nilai maksimum seperti ditetapkan pada tabel 4.2.2 ;
- (8) rancang sistem pengelompokan penyalan sesuai letak lubang cahaya yang dapat dimasuki cahaya alami siang hari;
- (9) rancang sistem pengendalian penyalan yang dapat menyesuaikan atau memanfaatkan pencahayaan alami secara maksimal yang masuk ke dalam ruangan.



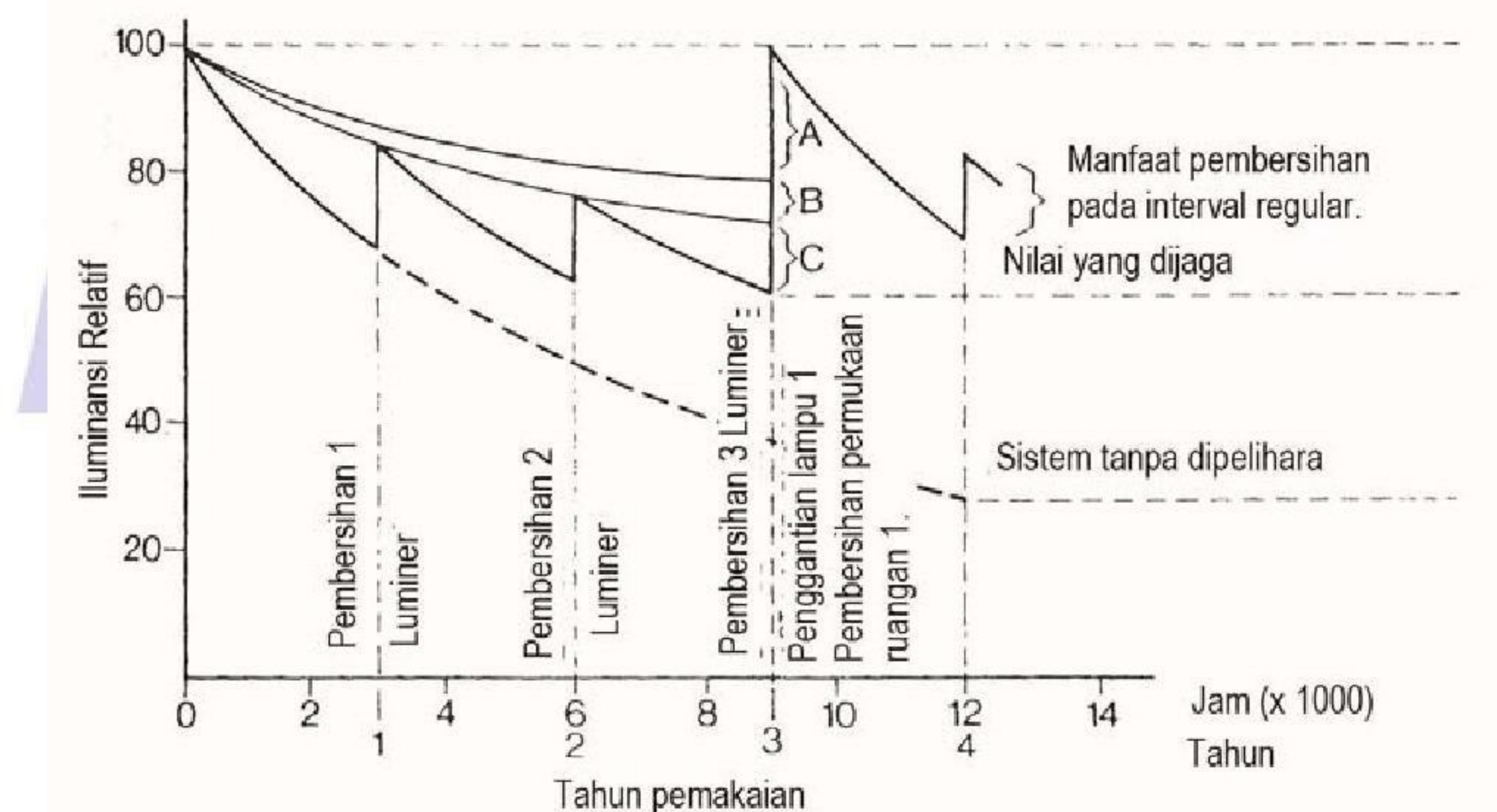
Lampiran B

Pemeliharaan lampu dan luminer

B.1 Penurunan iluminans pencahayaan

B.1.1 Pada awalnya iluminans instalasi pencahayaan akan berkurang secara bertahap selama penggunaan karena pengurangan lumen lampu, kegagalan lampu dan akumulasi dari kotorannya lampu, luminer dan permukaan ruangan. Bagaimanapun iluminans dapat dijaga pada atau diatas nilai minimum yang diijinkan (juga disebut sebagai nilai pemeliharaan) dengan membersihkan peralatan pencahayaan dan permukaan ruang dan mengganti lampu yang mati pada jangka waktu yang sesuai dengan umurnya sesuai jadwal pemeliharaan.

B.1.2 Nilai dari program pemeliharaan seperti itu ditunjukkan dalam gambat B.1.2, Jelasnya, dalam kasus yang ditunjukkan, iluminans pada sistem yang tidak terpelihara akan menurun sampai 40% dari nilai awal di dalam jangka waktu 3 tahun dan terus akan menurun. Tetapi dengan pembersihan tahunan dan penggantian lampu setiap 3 tahun dan pengecatan kembali, penurunan diperiksa diatas 60% dari nilai awal. Pada tiga tahun, skema pemeliharaan memberikan iluminans 50% lebih tinggi dari sistem yang tidak dipelihara.



Gambar B.1 – Nilai Iluminansi relatif terhadap waktu pemakaian

B.1.3 Jadi dengan perancangan dan program pemeliharaan yang dilaksanakan akan :

- (1) Menjaga tingkat iluminans pada atau di atas nilai yang dirkomendasikan.
- (2) Mengurangi biaya modal dan operasi.
- (3) Menjamin bahwa instalasinya sendiri dan interior umumnya mempunyai penampilan yang memuaskan.

B.1.4 Tetapi bersamaan dengan itu perancangan yang baik dan program pemeliharaan yang dilakukan beberapa kerugian tak terelakkan. Oleh sebab itu perancangan instalasi pencahayaan sebaiknya menambahkan toleransi untuk etiap penyusutan output lampu dengan memberikan pada awalnya iluminans yang lebih tinggi dari yang disyaratkan. Besarnya toleransi seperti itu tergantung pada faktor pemeliharaan yang diterapkan dalam perhitungan pecahaya.

B.2 Penyusutan lampu

B.2.1 Debu pada lampu dan luminer

Kerugian terbesar dari cahaya biasanya disebabkan debu yang mengumpul pada dikumpulkan oleh permukaan lampu dan permukaan luminer (refleksi, refraksi atau difusi). Laju penyusutan yang disebabkan oleh debu yang tersimpan pada permukaan kelengkapan lampu dipengaruhi oleh sudut inklinasi, finishing dan temperatur permukaan, tingkat ventilasi, atau kerapatan debu dari luminer, dan pengaruh atmosfer lingkungan luminer yang terpolusi. Penyusutan output lampu dapat dikurangi dengan memilih luminer dari jenis terbaik disesuaikan dengan lokasinya. Luminer dengan bagian bawahnya terbuka dan bagian atasnya tertutup mengumpulkan debu dengan laju yang lebih tinggi dari pada yang diberi ventilasi. Pada luminer berventilasi, arus konveksi membawa debu dan debu keluar melalui lubang atau slot di dalam kanopi (tutup) atau reflektor dan keluar dari permukaan refleksi. Dalam atmosfer berpolusi, lebih baik menggunakan luminer kedap debu atau luminer tahan debu, beberapa jenis darinya mempunyai filter yang menyatu untuk "pernapasan".

B.2.2 Debu pada permukaan ruangan

Akumulasi debu pada langit-langit dan dinding mengurangi nilai reflektansi dan karena itu sejumlah cahaya saja yang terrefleksi. Hal tersebut iluminans telah diperhitungkan Yang menanggung hal tersebut telah diperhitungkan dan ternyata tergantung pada ukuran ruang terkait dan distribusi cahaya dari luminer. Pengaruh yang kuat dinyatakan dalam ruang kecil atau dimana luminer dengan komponen tak langsung yang besar terkait.

B.2.3 Penyusutan lumen lampu

Dengan pemakaian lampu output luminusnya akan berkurang, tetapi laju pengurangannya bervariasi luas antara jenis lampu dan antara manufaktur. Oleh sebab itu perhitungan pencahayaan memasukkan penyusutan spesifik dalam output luminus dari lampu khusus yang terkait.

B.2.4 Kegagalan lampu

Laju kelangsungan lampu tergantung pada jenis lampu yang digunakan dan, dalam hal lampu pelepasan gas, siklus penggantian. Penyebab kegagalan lampu tidak hanya mengurangi tingkat iluminans, tetapi dapat juga memberikan pengurangan yang tidak bisa diterima dalam derajat keseragaman pencahayaan.

B.3 Jadwal pemeliharaan

Secara ekonomis interval pembersihan instalasi pencahayaan tergantung pada jenis luminer, laju akumulasi debu, dan biaya pembersihan.

Untuk manfaat ekonomis maksimum, interval pembersihan luminer sebaiknya dikaitkan dengan interval penggantian lampu.

Lampu dapat diganti secara individual apabila hangus/mati, disebut penggantian setempat, atau seluruh lampu diganti pada waktu yang biasanya disebut sebagai penggantian kelompok. Kombinasi kedua sistem sering digunakan. Umumnya untuk instalasi besar biaya dapat dihemat dengan penggantian penggantian secara kelompok daripada penggantian lampu secara individual. Lebih dari itu, faktor pemeliharaan yang lebih tinggi dapat diterapkan.

Sebagai perhitungan instalasi pencahayaan tergantung pada pengalaman dalam merancang jadwal pemeliharaan, selanjutnya harus diikuti jika tingkat iluminans dihitung. Kontrak dengan perusahaan spesialis dalam pemeliharaan pencahayaan sering memberikan kepastian cara yang ekonomis dan handal tentang pemeliharaan instalasi pencahayaan yang tepat.

B.4 Faktor Pemeliharaan (FP) (Faktor kerugian cahaya)

Ketika menentukan jumlah lampu dan limuner untuk menyediakan iluminans yang disyaratkan pada instalasi pencahayaan khusus, biasanya menerapkan "Faktor Pemeliharaan" untuk perhitungannya. Faktor ini dalah perbandingan iluminans yang dihasilkan oleh lampu dengan sistem pencahayaan pada akhir perioda pemeliharaan terhadap iluminans yang dihasilkan oleh sistem yang baru.

Faktor Pemeliharaan (FP) menempati seluruh perhitungan penyusutan yang disebabkan oleh beragam faktor yang telah diberikan sebelumnya :

$$FP = FPLL \times FSL \times FPL \times FPPR$$

Yang mana :

- FPLL = Faktor Pemeliharaan Luminer Fluks (lumen) (*Lamp Lumen Maintenance Factor = LLMF*)
- FSL = Faktor Survival Lampu (program penggantian secara group) (*Lamp Survival Lamp = LSF*)
- FPL = Faktor Pemeliharaan Luminer dalam Kondisi ruang berbeda (bersih, normal, kotor) (*Luminaire Maintenance Factor = LMF*)
- FPPR = Faktor Pemeliharaan Permukaan Ruang (*Room Surface Maintenance Factor = RSMF*)

B.5 Contoh perhitungan :

B.5.1 Contoh - 1

Jenis aktivitas perkantoran ruang kerja

(1) Data :

Luas area = 100 m²

Panjang = 10 m

Lebar = 10 m

Tinggi langit-langit = 2.8 m

Bidang kerja = 0.8 m

(2) Ditentukan :

Iluminans rata-rata = 350 Lux

Jenis Luminer terbenam dengan louvre dengan lampu fluoesent (TL)

Jenis lampu TL 2 x 36 W

Fluks luminous lampu 2 x 2.500 lumen

Reflektansi langit = 0.8

Reflektansi dinding = 0.5

Reflektansi lantai = 0.3

(3) Dihitung :

$$\text{Indeks ruang} = \frac{10 \times 10}{2(10+10)} = 2,5.$$

Koefisien penggunaan (K_p) = 0.67 (Tabel)

Koefisien depresiasi (K_d) = 0.7

$$\text{Jumlah Lumener (N)} = \frac{350 \times 10 \times 10}{0.67 \times 2 \times 2500 \times 0.7} = 15$$

Konfigurasi konfigurasi = 5 x 3

$$\text{Daya/m}^2 = \frac{15 \times 2 \times (36W + 10W)}{100} = 13,8 \text{ W/m}^2.$$

(4) Kondisi baru :

$K_d = 1$

$$N = \frac{350 \times 10 \times 10}{0.67 \times 2 \times 2500 \times 1} = 10$$

$$\text{Daya/m}^2 = \frac{10 \times 2 \times (36W + 10W)}{100} = 9,2 \text{ W/m}^2.$$

B.5.2 Contoh - 2

(1) Ditentukan

Illuminans rata – rata = 350 Lux

Jenis lampu TL / super

Jenis lampu TL 2 x 36 W

Fluks luminous lampu 2 x 3100 lumen

Reflektansi langit = 0.8

Reflektansi dinding = 0.5

Reflektansi lantai = 0.3

(2) Dihitung :

$$\text{Indeks ruang} = \frac{10 \times 10}{2(10+10)} = 2,5$$

Koefisien penggunaan (K_p) = 0.67 (Tabel)

Koefisien depresiasi (K_d) = 0.7

$$\text{Jumlah Lumener (N)} = \frac{350 \times 10 \times 10}{0.67 \times 2 \times 3100 \times 0.7} = 12$$

Konfigurasi konfigurasi = 4 x 3

$$\text{Daya /m}^2 = \frac{12 \times 2 \times (36W + 10W)}{100} = 11 \text{ W/m}^2$$

(3) Kondisi baru :

$K_d = 1$

$$N = \frac{350 \times 10 \times 10}{0.67 \times 2 \times 3100 \times 1} = 9$$

$$\text{Daya/m}^2 = \frac{9 \times 2 \times (36W + 10W)}{100} = 8,3 \text{ W/m}^2$$

B.5.3 Contoh - 3

(1) Ditentukan :

Illuminans rata-rata = 500 Lux

Jenis Luminer terbenam dengan *louvre* dengan lampu fluorescent (TL)

Jenis lampu TL 2 x 36 W

Fluks luminous lampu 2 x 2.500 lumen

Reflektansi langit = 0.8

Reflektansi dinding = 0.5

Reflektansi lantai = 0.3

(2) Dihitung :

$$\text{Indeks ruang} : \frac{10 \times 10}{2 \times (10 + 10)} = 2,5$$

Koefisien penggunaan (K_p) = 0.67 (Tabel)Koefisien depresiasi (K_d) = 0.7

$$\text{Jumlah Luminer (N)} = \frac{500 \times 10 \times 10}{0.67 \times 2 \times 2500 \times 0.7} = 21$$

Konfigurasi = 7 x 3

$$\text{Daya/m}^2 = \frac{21 \times 2 \times (36W + 10W)}{100} = 19 \text{ W/m}^2.$$

(3) Kondisi baru :

 $K_d = 1$

$$N = \frac{500 \times 10 \times 10}{0.67 \times 2 \times 2500 \times 1} = 15$$

$$\text{Daya/m}^2 = \frac{15 \times 2 \times (36W + 10W)}{100} = 14 \text{ W/m}^2$$

B.5.4 Contoh - 4

(1) Ditentukan :

Illuminans rata-rata = 500 Lux

Jenis Luminer terbenam dengan louvre dengan lampu fluorescent (TL)

Jenis lampu TL 2 x 36 W - Super

Fluks luminous lampu 2 x 3100 lumen

Reflektansi langit = 0.8

Reflektansi dinding = 0.5

Reflektansi lantai = 0.3

(2) Dihitung :

$$\text{Indeks ruang} = \frac{10 \times 10}{2 \times (10 + 10)} = 2,5$$

Koefisien penggunaan (K_p) = 0.67 (Tabel)Koefisien depresiasi (K_d) = 0.7

$$N = \frac{500 \times 10 \times 10}{0.67 \times 2 \times 3100 \times 0.7} = 17 \rightarrow 18$$

Konfigurasi = 6 x 3

$$\text{Daya/m}^2 = \frac{18 \times 2 \times (36W + 10W)}{100} = 16 \text{ W/m}^2.$$

(3) Kondisi baru :

 $K_d = 1$

$$N = \frac{500 \times 10 \times 10}{0.67 \times 2 \times 3100 \times 1} = 13$$

$$\text{Daya/m}^2 = \frac{13 \times 2 \times 46W}{100} = 12 \text{ W/m}^2$$

Tabel B.1 - Faktor pemeliharaan lumen lampu dan faktor kelangsungan hidup lampu

Umur nyala (x 1000)		0,1	1	2	4	6	12	18	24
Lampu Pijar	LLMF	1,00	0,93						
	LSF	1,00	0,50						
Lampu Fluoresen-Phosfor (TL)	LLMF	1,00	0,96	0,94	0,91	0,87	0,84		
	LSF	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,75		
Lampu Fluoresen-Halofosfat (TL)	LLMF	1,00	0,94	0,89	0,83	0,80	0,74		
	LSF	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,75		
Merkuri	LLMF	1,00	0,97	0,93	0,87	0,80	0,68	0,58	0,52
	LSF	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,88	0,75	0,50
Metal Halide	LLMF	1,00	0,93	0,87	0,78	0,72	0,63	0,52	
	LSF	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,17	0,50	
High Pressure Sodium	LLMF	1,00	0,98	0,96	0,93	0,91	0,87	0,83	0,80
	LSF	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,89	0,75	0,50

Tabel B.2 – Faktor pemeliharaan luminer (LMF =)

Waktu yang telah lewat antar siklus pembersihan tahunan	0	0,5			1,0			2,0			3,0	
Lingkungan ¹⁾	sedikitnya	B	N	K	B	N	K	B	N	K	B	N
Jenis luminer												
Lampu tertutup sederhana	1	0,95	0,92	0,88	0,93	0,89	0,83	0,89	0,84	0,78	0,85	0,79
Terbuaka, Reflektor berada di bagian atas	1	0,95	0,91	0,88	0,90	0,86	0,83	0,84	0,80	0,75	0,79	0,74
Tertutup, Reflektor berada di bagian atas	1	0,93	0,89	0,83	0,89	0,81	0,72	0,80	0,69	0,59	0,74	0,61
Tertutup	1	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,83	0,77	0,71	0,79	0,73
Kedap debu	1	0,96	0,93	0,91	0,94	0,90	0,86	0,91	0,86	0,81	0,90	0,84
Cahaya keatas tidak langsung	1	0,92	0,89	0,85	0,86	0,81	0,74	0,77	0,66	0,57	0,70	0,55

Tabel B.3 – Faktor pemeliharaan permukaan ruang (RSMF =)

	Waktu yang telah lewat antar siklus pembersihan tahunan	0,5			1,0			2,0			3,0		
	Lingkungan ¹⁾	B	N	K	B	N	K	B	N	K	B	N	K
	Jenis luminer												
Kecil	Langsung	0,97	0,96	0,95	0,97	0,94	0,93	0,95	0,93	0,90	0,94	0,92	0,88
	Langsung/tidak langsung	0,94	0,88	0,84	0,90	0,86	0,82	0,87	0,82	0,78	0,84	0,79	0,74
	Tidak langsung	0,90	0,84	0,80	0,85	0,78	0,73	0,81	0,73	0,66	0,75	0,68	0,59
Menengah	Langsung	0,98	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94
	Langsung/tidak langsung	0,95	0,90	0,86	0,92	0,88	0,85	0,89	0,85	0,81	0,86	0,82	0,78
	Tidak langsung	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,84	0,77	0,70	0,78	0,72	0,64
Besar	Langsung	0,99	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94
	Langsung/tidak langsung	0,95	0,90	0,86	0,94	0,88	0,85	0,89	0,85	0,81	0,86	0,82	0,78
	Tidak langsung	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,84	0,77	0,70	0,78	0,72	0,65

Keterangan :
¹⁾ B = Bersih, N = Normal, K = Kotor. (atmosfer dimana luminer dioperasikan).

Lampiran C

Inovasi sistem pencahayaan

C.1 Menyampingkan pencahayaan

C.1.1 Umum

Menyampingkan pencahayaan dengan peneduh cahaya matahari yang ditempatkan didalam atau di luar facade jendela dan diatas batas mata. Peneduh memantulkan sinar matahari dan cahaya siang kedalam ruang bagian dalam, pada waktu yang sama dapat juga meneduhkan kaca dibawahnya dan mengurangi silau langsung yang tidak diinginkan ke dalam ruangan.

Langit-langit datar yang menonjol dimiringkan dari ujung facade akan meningkatkan distribusi pencahayaan dan mengurangi kontras dan silau.

C.1.2 Manfaat penyampingan pencahayaan :

- (1) Cahaya matahari siang yang maksimum akan meminimalkan kelebihan panas matahari.
- (2) Penghematan pencahayaan listrik dan beban pendinginan dibutuhkan.
- (3) Meningkatkan pandangan dan kenyamanan penghuni

C.1.3 Hal yang perlu diperhatikan

- (1) Penting untuk dicatat bahwa penembusan cahaya siang hari tipikal yang baik dihasilkan dari penggunaan warna yang terang, dan susunan kemiringan eksternal.
- (2) Lapisan pantulan atau film yang dapat menyebabkan masalah silau untuk bangunan sebelahnya dihindari.
- (3) Untuk meningkatkan distribusi cahaya didalam ruangan, tinggi lantai ke langit-langit dibuat cukup tinggi.
- (4) Agar digunakan warna langit-langit yang terang dan bebas dari rintangan untuk penembusan cahaya.
- (5) Untuk memastikan keberhasilan dari penyampingan cahaya, perencanaan dan profil dari peneduh matahari perlu dianalisa secara hati-hati.

C.2 Panel surya (*cell photovoltaic*)

C.2.1 Umum

Cell Photovoltaic mengubah energi matahari menjadi listrik. Mengandalkan pada pengaruh photovoltaic untuk menyerap energi dari matahari dan menimbulkan arus listrik.

Bersama dengan batere cadangan sesuai untuk pemakaian daya rendah seperti pencahayaan lampu jalan dan pencahayaan dalam atau di area jauh dimana sambungan sarana listrik akan membuat biaya tidak efektif.

Dalam konfigurasi tertentu panel surya ini dapat juga memberikan manfaat pencahayaan alami pad bangunan.

C.2.2 Manfaat :

- (1) Suplai listrik ramah lingkungan.
- (2) Tidak membutuhkan pengkawatan listrik.

C.3 Pipa cahaya**C.3.1 Umum**

Pipa cahaya memindahkan cahaya alami ke ruangan bagian dalam untuk mengurangi beban pencahayaan. Pipa cahaya terdiri dari kubah transparan eksterior yang dipantulkan dari pipa logam dan difuser untuk instalasi pada langit-langit.

Pipa cahaya dapat mencegah kerugian cahaya dengan menggunakan prinsip fiber optic. Pipa cahaya masih mahal untuk pencahayaan siang.

Pipa cahaya sesuai untuk daerah dimana kemungkinan fluktuasi intensitas iluminans yang disebabkan oleh gerakan awan yang melintas matahari akan mengurangi tampak, seperti daerah publik, daerah retail, tempat parkir kendaraan di basement, dan lain-lain.

Pencahayaan ini secara umum tidak mengurangi kenyamanan, dimana fluktuasi intensitas cahaya matahari lebih tampak, seperti ruangan yang membutuhkan konsentrasi di ruang baca, ruang gambar dan lain-lain.

C.3.2 Manfaat :

- (1) Pencahayaan siang yang maksimum akan meminimalkan pencahayaan buatan yang berlebihan.
- (2) Penghematan pencahayaan listrik dan beban pendinginan yang dibutuhkan berkurang.
- (3) Meningkatkan daya pandang dan kenyamanan penghuni

Lampiran D

Light Emmitting Diode (LED)

D.1 Sejarah LED

- (1) Tahun 1962, *First visible LED (Holonyak@GE)*
0.001 lumens
- (2) Tahun 1960, *Red LEDs (HP dan Monsanto)*
0.01 lumens
- (3) Tahun 1970 –1980 *Green LEDs, Watches, Calculators*
0.1 lumens
- (4) Tahun 1990 *Blue LEDs (Nakamura@Nichia)*
1 lumen
- (5) Tahun 2000
10 ~ 100 lumens
- (6) Tahun 2005
1000 lumen (*multichip packages*)

D.2 Prinsip kerja LED

- (1) LED adalah diode Semikonduktor
- (2) Semikonduktor adalah material yang mempunyai kemampuan mengalirkan arus listrik.
- (3) Dioda dibuat oleh kombinasi dua semi konduktor yang berbeda materialnya membentuk suatu hubungan P N (P= Pengisi Positif) (N= Negatif Pengisian- elektron)
- (4) Dengan menggunakan arus listrik, elektron dipaksa bergerak kesatu arah dan P kearah yang berlawanan.
- (5) Photons (cahaya) ditimbulkan ketika dikombinasikan kembali berhubungan pengisi positif dan negatif.
- (6) Jenis : Passive, optoelectronik

Prinsip kerja :Electroluminescence

Ditemukan oleh Nick Holonyak Jr. (1962)

- (7) Simbol Elektronik



Gambar D.1 – Konfigurasi Pin Anoda dan Katoda

D.3 Kapasitas daya LED

- (1) LED daya rendah : Daya 0.3W dengan fluks 1-3 lumen
- (2) LED daya medium : Daya 0.5W dengan fluks 0.1-12 lumen
- (3) LED daya besar : Daya 1-5W dengan fluks > 80 lumen

D.4 Sumber LED

- (1) Sumber LED adalah sumber cahaya Solid State komponen semikonduktor
- (2) Suatu piranti semikonduktor yang mengkonversi energi listrik langsung kedalam warna cahaya yang berlainan.
- (3) Dibuat dari material yang berbeda



Lampiran E

Jenis-jenis lampu

E.1 Lampu pijar (*incandescent*)

Suatu filamen yang dipanaskan oleh arus listrik menghasilkan cahaya. Lampu ini jenis lampu yang tidak efisien, yang mana 95% listriknya dirubah menjadi panas. Lampu pijar mempunyai masa pakai yang pendek (kira-kira 1000 jam), sementara itu biaya awalnya rendah dan indeks renderingnya (Ra) optimal.

E.2 Lampu halogen

Lampu halogen adalah lampu incandescent yang ditambahkan gas halogen (iodine, klorine, bromide). Karena panas yang tinggi dari filament yang berpijar maka halogen dengan prinsip siklus regeneratif mencegah penghitaman lampu. Lampu halogen mempunyai umur lebih panjang dan efisiensi lebih tinggi dibandingkan lampu pijar. (+20% ~ 50%)

E.3 Lampu fluoresen

Lampu fluoresen terdiri dari tabung kaca yang tersekat, dilapisi warna putih di dalamnya dan diisi dengan gas inert dan sedikit mercury. Jenis yang umum adalah lampu fluoresen dan lampu fluoresen kompak. Semua lampu fluoresen membutuhkan ballast untuk menyalakan (start) dan mengontrol proses pencahayaan.

Efisiensi lampu fluoresen melebihi lampu pijar 5 sampai 8 kali, tergantung pada sistem pencahayaan. Lampu fluoresen membutuhkan investasi tinggi (sampai 10 kali), tetapi umur pemakaiannya 10 sampai 15 kali lebih lama.

Lampu fluoresen memberikan indeks Renderisasi (Ra) mulai 60% sampai 85%. Lampu fluoresen cocok digunakan untuk perkantoran dan area komersial.

Sebagai catatan, lampu T5 lebih efisien daripada lampu T8/T12. Untuk itu perlu penggantian dari jenis T8/T12 ke T5 guna memperoleh efisiensi tinggi dan biaya operasi rendah.

E.4 Lampu pelepasan gas lainnya

Lampu pelepasan gas lainnya merupakan pilihan untuk pencahayaan yang efisien. Lampu ini mempunyai banyak jenis yang berbeda, beragam harganya, umur pemakaian, warna dan kualitas cahaya. Oleh karena itu disarankan untuk mengikut sertakan ahli pencahayaan dalam perencanaan.

Lampu pelepasan gas lainnya umumnya terbatas untuk tujuan khusus, seperti pencahayaan ruangan produksi (contoh lampu mercury vapour), pencahayaan jalanan umum (contoh lampu sodium vapour), dan lain-lain. Efisiensi lampu ini umumnya diluar lampu biasa, yaitu sebesar lebih dari 10 kali. Semua lampu pelepasan gas membutuhkan ballast.

E.5 Lampu LED

1) Keuntungan LED

a) Efisiensi

LED menghasilkan lebih banyak cahaya per watt dibandingkan lampu incandescent. Efisiensi tidak dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran seperti lampu fluoresen.

b) Warna

LED dapat memancarkan cahaya untuk warna yang dikehendaki tanpa menggunakan filter warna yang biasanya dipakai pada sistem pencahayaan konvensional

c) Ukuran

LED berukuran kecil (lebih kecil 2mm^2) dan dengan mudah dapat ditempatkan pada sirkuit cetak

d) Waktu On / Off

LED dapat menyala sangat cepat. Lampu LED merah jenis indikator akan menyala penuh dalam waktu mikro detik

e) Dimming

LED dengan amat mudah disuramkan – dimming dengan modulasi lebar pulsa (*pulse-width modulation*) atau dengan menurunkan arus maju (forward).

f) Umur

LED dapat mempunyai umur relative panjang dalam penggunaannya. Estimasi umur LED 35.000 – 50.000 ribu jam.

g) Siklus

LED untuk penggunaan yang sistem pencahayaannya sering dimati hidupkan – On / Off adalah sangat ideal.

h) Berkas cahaya dingin

LED meradiasikan sangat sedikit panas dimana infra red yang dapat merusak benda sensitive diterangi . Energi sisa disebarkan sebagai panas melalui alas LED.

i) Tahan Guncangan

LED dibuat dari komponen semikonduktor sehingga sulit rusak dikarenakan guncangan dari luar, tidak seperti lampu fluoresen dan lampu incandescent.

j) Terpusat – Fokus

LED secara kompak dapat dirancang untuk cahaya yang terpusat. Lampu pijar dan lampu fluoresen menggunakan reflektor untuk memusatkan cahayanya.

k) Ramah Lingkungan

LED tidak mengandung merkuri seperti lampu fluoresen.

2) Kerugian :

a) Beberapa jenis fluoresen baru (T5) lebih efisien dibandingkan LED

b) Harga awal tinggi

Pada saat sekarang harga LED lebih mahal, harga per lumen. Pada harga modal dasar awal dibandingkan lampu konvensional.

c) Tergantung temperatur

Kinerja LED amat bergantung dengan temperatur sekitar dari lingkungan kerja ,jika area temperatur tinggi maka LED akan menghasilkan panas berlebihan maka akan didapat kegalalan peralatan..Heat sinking diperlukan untuk memelihara umur lampu yang panjang.

d) Sensitif voltase

LED harus diberi voltase diatas ambang dan arus dibawah nominal. Hal ini dapat dipakai tahanan seri atau suplai daya dengan pengatur arus.



Lampiran F

Ballast

Ballast adalah alat yang menghubungkan antara suplai daya dan satu atau lebih lampu fluoresen atau lampu pelepasan gas lainnya. *Ballast* terutama untuk membatasi arus ke nilai yang diminta, mengubah suplai tegangan dan memberikan kondisi yang diperlukan untuk menyalakan lampu. Selama lampu beroperasi, *ballast* membutuhkan listrik juga.

Ballast elektronik lebih efisien daripada *ballast* magnetik. Keuntungan menggunakan elektronik *ballast* adalah sebagai berikut :

- (a) *Ballast* elektronik mempunyai kerugian relatif rendah. penggantian magnetik *ballast* yang tidak efficient dengan elektronik *ballast* mempunyai potensial penghematan minimum 20%.
- (b) Lampu fluoresen mempunyai efisiensi daya yang tinggi jika dioperasikan dengan *ballast* elektronik.
- (c) *Ballast* elektronik memberikan kondisi penyalan yang halus pada lampu. Ini memberikan kepastian pemakaian lampu yang lama, dan karenanya biaya pemeliharaan berkurang.
- (d) Satu *ballast* elektronik dapat beroperasi sampai 4 lampu, sedangkan satu *ballast* magnetik hanya dapat beroperasi 2 lampu.
- (e) Kedipan pada lampu fluoresen dengan *ballast* magnetik 100 kali per detik, apabila menggunakan *ballast* elektronik dinyalakan dan dimatikan mempunyai kedipan 40.000 kali per detik, tidak kelihatan oleh mata

Ballast dapat dan tidak harus disatukan dengan luminer (lumener). Memadukan lampu dengan *ballast* dikenal dengan nama lampu fluoresen kompak yang pemasangannya sesuai pemegang lampu dari lampu pijar.

Bibliografi

1. ISO 8995:2002 (E) Standard, *Lighting of Indoor Work Places*, CIE
2. IESNA Lighting Handbook
3. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1–2004, *Energy standard for bulding except low rise residential building*
4. *Lighting Manual*







BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3,4,7,10
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id